



HAL
open science

PARTAGE DE GAINS EN MUTUALISATION LOGISTIQUE : ETAT DE L'ART ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Nassim Mrabti, Nadia Hamani, Ridha Derrouiche, Dorsaf Khammassi,
Laurent Delahoche

► **To cite this version:**

Nassim Mrabti, Nadia Hamani, Ridha Derrouiche, Dorsaf Khammassi, Laurent Delahoche. PARTAGE DE GAINS EN MUTUALISATION LOGISTIQUE : ETAT DE L'ART ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE. 13ème CONFERENCE INTERNATIONALE DE MODELISATION, OPTIMISATION ET SIMULATION (MOSIM2020), 12-14 Nov 2020, AGADIR, Maroc, Nov 2020, AGADIR (virtual), Maroc. hal-03190636

HAL Id: hal-03190636

<https://hal.science/hal-03190636>

Submitted on 6 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PARTAGE DE GAINS EN MUTUALISATION LOGISTIQUE : ETAT DE L'ART ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Nassim Mrabti¹, Nadia Hamani¹, Ridha Derrouiche², Dorsaf Khammassi¹, Laurent Delahoche¹

¹ Laboratoire des Technologies Innovantes, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France

² Humanis, Ecole de Management de Strasbourg, Strasbourg, France

nassim.mrabti@u-picardie.fr, nadia.hamani@u-picardie.fr, derrouiche@unistra.fr, dorsaf.khammassi@u-picardie.fr, laurent.delahoche@u-picardie.fr

RESUME : La collaboration horizontale est l'une des solutions innovantes pour améliorer les trois principaux aspects du développement durable. Cependant, le problème du partage des coûts représente un des principaux facteurs qui peuvent bloquer la réussite d'une telle collaboration. La littérature propose deux types de méthodes pour résoudre ce problème ; des méthodes classiques et celles basées sur la théorie des jeux coopératifs. Nous présentons dans ce papier plusieurs approches utilisées dans le cadre de la collaboration horizontale. Nous introduisons aussi les propriétés données par la littérature pour choisir l'approche appropriée. Nous citons plusieurs travaux classés selon les méthodes d'allocation utilisées ainsi que le type de problème traité. Finalement, nous présentons des perspectives et des suggestions pour des travaux futurs.

MOTS-CLES : Partage des coûts et des émissions de GES, Collaboration horizontale, Mutualisation, Durabilité.

1 INTRODUCTION

Le transport de marchandises possède des effets nocifs sur l'environnement et la santé à cause de la forte consommation d'énergie comme les carburants pétroliers. En France, le transport terrestre prédomine et sa consommation d'énergie représente 33% de la consommation d'énergie globale en 2015 contre 29% en 1990. Ces émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) dégagées par le secteur de transport provoquent plusieurs enjeux néfastes comme la réduction des espaces verts, la pollution de l'air et le problème de santé publique. Selon Pérez-Bernabeu et al. (2015), les entreprises souffrent des pressions pour augmenter les coûts de distribution, ce qui influence négativement leur compétitivité. De plus, elles sont désormais contraintes de déclarer leurs performances au niveau de durabilité notamment les émissions de CO₂ dégagées par leurs activités. Les entreprises sont contraintes d'adopter des approches collaboratives pour survivre aux pressions. Comme le montre la Figure 1, il existe deux principaux types de collaboration : verticale et horizontale. Le premier type se fait entre des acteurs qui appartiennent à la même chaîne logistique et il se concentre principalement sur le partage de l'information entre le fournisseur et le client (Mrabti et al., 2020). Ce type de collaboration est largement analysé dans la littérature. Dans ce papier, nous nous concentrons sur le deuxième type appelé collaboration horizontale. Elle est obtenue lorsqu'il s'agit d'une collaboration entre des acteurs de même niveau, qui n'appartiennent pas à la même chaîne logistique et qui peuvent être des concurrents. La collaboration horizontale, appelée aussi mutualisation logistique, a comme objectif d'améliorer la performance de chaque partenaire par le biais de partage des moyens et des ressources.

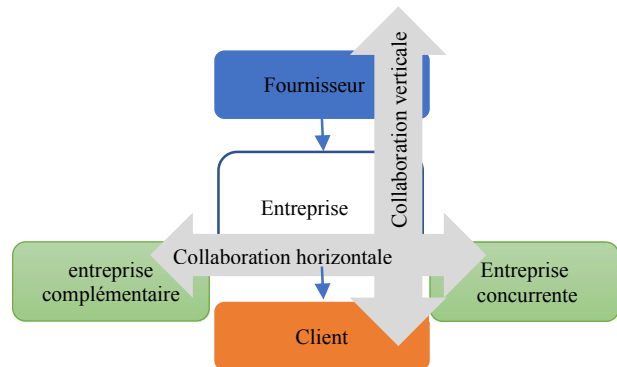


Figure 1 : Principaux types de collaboration logistique (Destouches et Gaide, 2011).

La collaboration horizontale a montré sa performance pour l'amélioration des différents aspects de développement durable, spécialement les deux piliers économique et environnemental. Cependant, il existe plusieurs facteurs qui peuvent bloquer sa réussite et sa continuité sur le plan pratique. Selon Zineldin et Bredenlöv (2003), plus de 70% des collaborations échouent. Malgré ce pourcentage élevé, la littérature a donné moins d'attention aux facteurs et barrières qui peuvent conduire à l'échec de la collaboration. Selon Cruijssen et al. (2007), ces menaces concernent généralement quatre domaines, à savoir : les partenaires, la détermination et la répartition des gains, la négociation et la coordination et les technologies de l'information et de la communication. Dans cette étude, nous nous concentrons sur le problème de répartition des gains.

Le reste de l'article est consacré à l'état de l'art des méthodes d'allocation dans la section 2, des perspectives

pour des travaux futurs dans la section 3 et finalement nous terminons avec une conclusion.

2 ETAT DE L'ART ET APPROCHES EXISTANTES

Les principales bases de données utilisées pour rechercher les articles sont *Google scholar*, *Scencedirect*, *Wiley Online Library*, *Taylor & Francis*, *Emerald* et *Springer*. Les mots-clés sont définis par deux cycles de recherche. Le premier cycle consiste à chercher les articles contenant les deux principaux termes « *Cost allocation* », « *CO₂ emissions allocation* » ainsi que certains mots synonymes les plus proches « *Cost sharing* » et « *CO₂ emissions sharing* ». La deuxième phase consiste à ajouter des mots corrélés identifiés à partir de la revue primaire à savoir « Horizontal collaboration », « *Horizontal cooperation* », « *pooling* », « *Collaborative transportation* », « *Collaborative logistics* ». La majorité des publications étudiées sont des articles de revue datés de 2007 à 2020.

La Figure 2 montre les différents problèmes traités dans le cadre de la mutualisation logistique. Nous les avons classés selon les niveaux de décision (Amer et El-tawil, 2015).

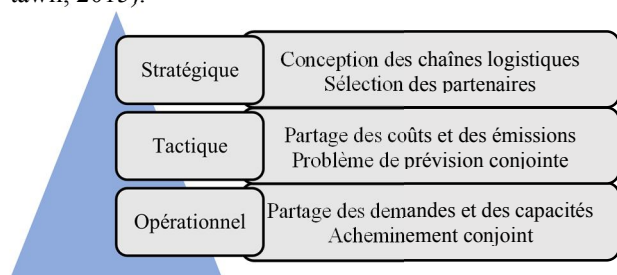


Figure 2 : Problèmes traités dans le cadre de la collaboration horizontale

Le niveau stratégique s'intéresse au problème de conception des chaînes logistiques et de sélection des partenaires. Le niveau tactique s'intéresse au problème du partage des coûts et des émissions de GES et au problème de prévision conjointe. Le niveau opérationnel s'intéresse à la répartition des capacités, à l'acheminement conjoint ainsi qu'à la répartition des demandes.

Dans ce papier, nous nous intéressons au problème du partage des coûts et des émissions de GES. En effet, il existe plusieurs points à négocier entre les partenaires avant la mise en place de la mutualisation. Parmi ces points, il s'agit de savoir comment le coût total ou les économies devraient être répartis entre les participants. D'autre part, avant de commencer une telle collaboration, une estimation des gains et une méthode de répartition juste doivent être disponibles, notamment le partage des gains au niveau des émissions de CO₂.

2.1 Typologie des méthodes d'allocation et leurs propriétés

La littérature évoque une large liste d'articles et d'applications qui traitent plusieurs méthodes d'allocation. Ces dernières sont principalement formulées pour répartir les

gains entre les collaborateurs dans les scénarios collaboratifs. Kellner et Otto. (2012) ont classé ces méthodes en deux grands types, à savoir des méthodes classiques et des méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs.

Concernant, les méthodes classiques, elles sont simples et faciles à appliquer. Selon Frisk et al. (2010), les entreprises utilisent principalement les méthodes d'allocation les plus simples qui peuvent être facilement interprétées et offrent une certaine transparence. Comme le montre la formule (1), ces méthodes consistent à réaliser la répartition des gains en multipliant le coût total $C(N)$ de la collaboration par un taux de pondération $\alpha(i)$ correspondant à chaque partenaire.

$$C(i) = \alpha(i) \cdot C(N); \forall i \in N \quad (1)$$

Ce taux peut être en lien avec le poids de la marchandise, le nombre de palettes, ou les distances parcourues, etc. Kellner et Otto. (2012) ont classé ces méthodes en deux sous-types en se basant sur leurs indépendances de distance. Dans les méthodes simples indépendantes de la distance, nous trouvons l'approche EA (*Egalitarian Allocation*) qui consiste à diviser le coût de manière égale entre les partenaires. L'approche PA (*Payload Weighted Allocation*) est exprimée en fonction de la charge de marchandises. La méthode SPA (*Allocation based on tours Stops and Payload*) consiste à partager les coûts en fonction du nombre total d'arrêts et du poids de marchandises de chaque partenaire. La deuxième catégorie regroupe les méthodes qui consistent à allouer les coûts en fonction d'un vecteur de pondération dépendant de la distance parcourue, à savoir DDA (*Direct Distance weighted Allocation*), CenA (*Centrality weighted Allocation*), ToKmA (*Tons-Km weighted Allocation*), SDA (*Separate Deliveries weighted Allocation*) ainsi que l'approche KTA (*Allocation basing on Tons-km*). Ces approches sont étudiées dans (Kellner & Otto, 2012). Les trois approches consistent respectivement à utiliser le taux de distance directe, le réseau de distribution centralisé et le coût de la livraison séparée de chaque partenaire. Ces approches sont faciles à appliquées mais elles ne sont pas tout à fait équitables parce qu'elles ne prennent pas en considération les coûts marginaux de chaque partenaire participant à une coalition. D'autre part, le partage des coûts selon la distance permet à certains partenaires de profiter des autres en envoyant des quantités de marchandises importantes à faible distance.

La deuxième façon pour traiter le problème d'allocation est plus avancée et elle consiste à utiliser des méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs. Selon Guajardo et Rönnqvist (2016), la plupart des problèmes de transport collaboratif utilisent les concepts et les méthodes de la théorie des jeux coopératifs. Ces approches modélisent un problème d'allocation en tant que jeu coopératif utilitaire transférable et développe des schémas d'allocation des coûts et des émissions de GES (Kellner et Otto, 2012). Elles ont été largement utilisées car elles sont considérées comme étant efficaces pour résoudre les conflits entre deux ou plusieurs partenaires. Selon Vanovermeire et Sørensen (2014), les concepts de la théorie des

jeux peuvent facilement être transférés au cadre de la distribution collaborative, et par conséquent, un problème de répartition des coûts ou des émissions de GES pourrait être abordé comme un jeu coopératif. Étant donné un ensemble de N partenaires, chaque partenaire p ayant un coût de distribution autonome $C(p)$, représentant le coût devant être payé par le partenaire p pour livrer toutes ses commandes. La grande coalition N est définie comme la coalition de tous les partenaires. Pour toute sous-coalition $S \subset N$, il existe un coût de distribution $C(S)$ à payer afin de satisfaire toutes les demandes. La littérature de la collaboration horizontale a identifié plusieurs méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs. Par la suite, nous citons les méthodes les plus connues et les plus utilisées dans la littérature.

- Shapley value : L'allocation de Shapley est l'une des méthodes les plus utilisées dans les jeux coopératifs. Comme le montre la formule (2), cette méthode consiste à attribuer à chaque partenaire une moyenne de son coût marginal généré par sa participation à la sous-coalition S .

$$C(i) = \sum_{S \subseteq N: i \in S} \left[\frac{(|N| - |S|)! (|S| - 1)!}{|N|!} \right] [C(S) - C(S \setminus \{i\})]; \forall i \in N \quad (2)$$

- Nucleolus : Cette méthode remonte à (Schmeidler, 1969). Elle a pour objectif d'allouer les coûts de telle sorte qu'aucun partenaire ne fera mieux en participant ou en quittant la sous-coalition. Étant donné que V l'ensemble des vecteurs avec des allocations de bénéfices efficaces, la formule (3) montre la série de programmes linéaires à maximiser pour partager les coûts. L'idée est de maximiser le plus petit excédent d'une sous-coalition S . La caractérisation la plus générale de (Moulin, 1988), qui inclut également des jeux à noyau vide, indique que cette méthode engendre un souci égalitaire des excès de diverses coalitions (Vanovermeire et Sørensen, 2014). En effet, le Nucleolus est l'unique allocation du coût total qui maximisera le plus petit excédent d'une coalition N .

$$\text{Max}_{x \in V} \left[\text{Min}_{S \subseteq N} \left(\sum_{i \in S} x_i - C(S) \right) \right] \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_i = C(N) \quad (4)$$

- ECM (Equal Charge Method) : Comme le montre la formule (5), cette méthode distingue entre les coûts séparables c'est-à-dire les coûts marginaux de chaque partenaire rejoignant la coalition finale et les coûts non séparables qui vont être répartis d'une manière égale entre les différents partenaires.

$$C(i) = C(N) - C(N \setminus i) + \frac{C(N) - \sum_{j \in N} [C(N) - C(N \setminus j)]}{|N|}; \forall i \in N \quad (5)$$

- τ -Value: Cette méthode appelée aussi CGM (Cost Gap Method) est introduite par (Tijs et Driessen, 1986). Elle s'intéresse principalement à la répartition des écarts des

coûts. Le coût alloué au partenaire comprend son coût marginal et une part du coût commun non séparable. Dans cette méthode d'allocation, le partenaire quitte la coalition tant qu'il y a une autre où il est le moins responsable des coûts.

- ACAM (Alternative Cost Avoided Method): Selon Kellner et Otto (2012), cette approche est similaire au τ -value. En effet, le coût total à répartir est divisé en deux parties : coûts séparables et coûts non séparables en fonction de la pondération donnée exprimant les économies marginales réalisées par chaque partenaire.

Comme il existe plusieurs méthodes, il est difficile de choisir la méthode appropriée pour avoir une allocation juste entre les partenaires. Pour cette raison, il existe des critères pour évaluer ces méthodes d'allocation (Young, 1985) et (Tijs et Driessen, 1986). Nous énumérons certaines des propriétés de base extraites de la littérature. Selon Dahlberg et al. (2017), il n'y a aucune méthode de répartition qui satisfait toutes les propriétés.

- Pareto-efficacité (P1) : cette propriété est l'une des principales propriétés de la théorie des jeux. Elle impose que le partenaire ne puisse réduire ses coûts sans ajouter des coûts supplémentaires aux autres partenaires.
- Rationalité individuelle (P2) : elle garantit qu'aucun partenaire ne profite en travaillant seul et refuse de collaborer.
- Anonymat (P3) : les partenaires qui sont identiques (gènèrent le même coût dans chaque coalition) doivent se voir attribuer le même coût.
- Stabilité (P4) : cette propriété assure qu'aucun partenaire ne devrait pouvoir faire mieux en quittant une sous-coalition et en entrant dans une autre.
- Monotonie coalitionnelle (P5) : si la valeur d'une coalition augmente (diminue) alors que la valeur de toutes les autres coalitions reste la même, tous les acteurs de cette coalition devraient recevoir une part plus élevée (plus faible).
- Monotonie de la population (P6) : lorsqu'un nouveau partenaire rejoint une coalition avec aucun nouvel excédent, aucun des partenaires ne devrait en bénéficier.
- Propriété factice (Dummy en anglais) (P7) : si un partenaire ajoute zéro avantage à une coalition, il ne devrait pas recevoir une part des gains de la coalition.
- Additivité (P8) : cette propriété assure la non-influence de la répartition des coûts par la formation des coalitions plus importantes à l'avance.
- Décentralisation (P9) : la part d'un partenaire ne dépend que de son propre coût et du coût total de la coalition.
- Symétrie (P10) : cette propriété assure l'égalité de l'allocation des deux partenaires appartenant à une coalition dans le cas où ils possèdent le même coût marginal par rapport à toutes les autres coalitions.

Selon Kellner et Otto (2012), le raisonnement axiomatique pur n'est pas suffisant pour comparer entre les méthodes. Pour cela les auteurs suggèrent d'utiliser en plus d'autres critères de : Causalité en tonnes-km, Causalité de l'emplacement en tournée, Acceptabilité, Robustesse, etc.

2.2 Les approches existantes

Contrairement aux travaux de (Kellner & Otto, 2012) and (Guajardo & Rönnqvist, 2016), nous avons choisi de classer les approches existantes selon le problème traité et les indicateurs de durabilité évalués ainsi que les propriétés de chaque approche utilisée. Ces classifications permettent de choisir la méthode appropriée au problème traité. Nous citons par la suite quelques travaux qui ont traité le problème d'allocation via les deux catégories : classique et celle basée sur la théorie des jeux coopératifs.

Dans le cadre de la planification du transport collaboratif, Frisk et al. (2010) ont utilisé plusieurs méthodes

d'allocation, à savoir la méthode Volume, la valeur de Shapley, le Nucleolus, le CGA, l'ACAM. L'objectif est d'allouer les coûts de transport générés par la collaboration de huit sociétés forestières situées au sud de la Suède. Selon Frisk et al. (2010), il serait avantageux d'avoir une allocation initiale où les économies relatives sont similaires autant que possible pour tous les partenaires. Pour cette raison, les auteurs ont proposé une nouvelle approche appelée EPM (*Equal Profit Method*). Dans un deuxième temps, les auteurs ont démontré que l'ECM et l'ACAM satisfont les deux propriétés Pareto-efficacité et symétrie. Tandis que le CGM vérifie la rationalité individuelle et la propriété fictive en plus.

Types de l'approche	Approches	Références	Propriétés												
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Approches classiques	ABC	(Vanovermeire et Sörensen, 2014)	•					•							
	EA	(Habibi et al., 2018) ; (Kellner & Otto, 2012)	•												
	PA	(Dai et Chen, 2012) ; (Ramaekers et al., 2017) ; (Liu et al., 2010) ; (Kellner & Otto, 2012)	•												
	Volume	(Vanovermeire et Sörensen, 2014) ; (Defryn et al., 2014) ; (Habibi et al., 2018) ; (Defryn et al., 2019) ; (Hacardiaux et al., 2020)	•					•	•				•		
	CenA ; ToKmA	(Kellner & Otto, 2012)	•												
	KTA ; DDA	(Kellner & Otto, 2012)	•	•											
	SDA	(Kellner & Otto, 2012) ; (Hacardiaux et al., 2020)	•	•											
Approches basées sur la théorie des jeux coopératifs	ACAM	(Audy et al., 2011) ; (Frisk et al., 2010) ; (Defryn et al., 2014) ; (Kellner & Otto, 2012)	•												•
	CCPS	(Algaba et al., 2019)	•		•	•									•
	Core-centre	(Lozano et al., 2013)	•	•	•	•			•	•					
	Demand Nucleolus	(Engevall et al., 1998)	•	•	•	•			•	•					
	ECM	(Vanovermeire et Sörensen, 2014) ; (Frisk et al., 2010)	•	•	•			•					•	•	
	EPM	(Audy et al., 2011) ; (Frisk et al., 2010)	•	•	•			•					•	•	
	ES	(Algaba et al., 2019)				•									
	LEPM	(Dahlberg et al., 2017)	•	•	•			•					•	•	
	Minmax core	(Lozano et al., 2013)	•	•		•									
	Nucleolus	(Özener and Ergun, 2008) ; (Vanovermeire et Sörensen, 2014) ; (Massol et Tchong-Ming, 2010) ; (Liu et al., 2010) ; (Engevall et al., 1998) ; (Vos and Raa, 2018) ; (Kellner & Otto, 2012)	•	•	•	•			•	•					
	Shapley value	(Lozano et al., 2013) ; (Özener and Ergun, 2008) ; (Vanovermeire et Sörensen, 2014) ; (Massol et Tchong-Ming, 2010) ; (Habibi et al., 2018) ; (Ouhader et El kyal, 2020) ; (Krajewska et al., 2008) ; (Liu et al., 2010) ; (Engevall et al., 1998) ; (Wong et al., 2007) ; (Vos and Raa, 2018) ; (Frisk et al., 2010) ; (Sanchez et al., 2016) ; (Kellner & Otto, 2012)	•	•	•	•	•		•		•	•			
WRSA	(Liu et al., 2010) ; (Kellner & Otto, 2012)	•		•											
τ -Value	(Lozano et al., 2013) ; (Frisk et al., 2010) ; (Engevall et al., 1998) ; (Leenders et al., 2017) ; (Kellner & Otto, 2012)	•	•	•	•					•				•	

Tableau 1 : Récapitulatif des méthodes d'allocation et leurs propriétés

Frisk et al. (2010) et Vanovermeire et Sørensen. (2014) ont démontré la non stabilité de la méthode Volume vu qu'un partenaire peut faire réduire son coût en changeant la sous-coalition. L'allocation par la méthode EPM n'est pas toujours unique. Pour cela, Dahlberg et al. (2017) ont présenté une autre approche qui garantit une solution unique, c'est le LEPM (*Lexicographic Equal Profit Method*). En outre, Defryn et al. (2014) ont utilisé plusieurs méthodes pour répartir les coûts de transport. Parmi ces méthodes, nous trouvons la méthode Volume, la valeur de Shapley, le Nucleolus, l'ACAM et celle d'EPM. Massol et Chung-Ming. (2010) ont étudié le problème d'allocation des coûts du transport collaboratif entre les fournisseurs en utilisant la valeur de Shapley et le Nucleolus. Vu que la pensée verte devient aussi un facteur de succès critique, Wick et al. (2011) ont utilisé la valeur de Shapley pour allouer les émissions de CO₂ dans le cadre de la mutualisation. Les auteurs ont eu recours à la simulation assistée par ordinateur et à la recherche opérationnelle pour remédier le problème de complexité de la valeur de Shapley. Dans le cadre d'un système de transport collaboratif, Algaba et al. (2019) ont proposé deux approches théoriques basées sur la théorie des jeux coopératifs appelées ES (*Egalitarian Solution*) et CCPS (*Coloured Cost Proportional Solution*). Les auteurs ont démontré que les deux méthodes sont stables. Leenders et al. (2017) ont utilisé deux types de méthodes pour allouer les émissions de CO₂ générées par le transport. La première est une méthode classique qui combine entre le volume et la distance parcourue pour satisfaire les clients. La deuxième est le τ -Value qui est une méthode basée sur la théorie des jeux. Dans cette étude, le τ -Value prend en considération la quantité commandée de chaque client, la distance origine-destination, la distance relative par rapport aux entrepôts ainsi que la distance relative par rapport aux autres clients.

Dans le cadre de la conception d'un réseau de distribution mutualisé, Habibi et al. (2018) ont utilisé trois méthodes pour allouer les coûts de la mutualisation entre les partenaires. Il s'agit de la valeur de Shapley, Volume, l'EA en faisant la moyenne où les coûts sont divisés d'une façon équitable entre deux réseaux de distribution. Les auteurs ont appliqué ces méthodes pour répartir les coûts générés par l'installation des hubs et le transport des marchandises. Dans le même contexte, Ouhader et El kyal. (2020) ont utilisé la valeur de Shapley pour allouer les coûts et les émissions de CO₂ générés par le transport lors de la conception d'un réseau de distribution mutualisé. Xu et al. (2012) ont utilisé la valeur de Shapley pour partager les coûts et les taxes sur les émissions de CO₂ générés par le transport de marchandises. En outre, Hacardiaux et al. (2020) ont introduit la rationalité individuelle des entreprises dans un modèle mathématique non linéaire pour tenir compte des préférences des entreprises. L'objectif est de permettre à chaque partenaire de préciser sa préférence concernant la diminution des coûts par rapport à la réduction des émissions de CO₂. Les auteurs ont utilisé l'approche « Volume » et l'approche SDA pour partager respectivement les coûts de localisation et de transport.

Il existe aussi des travaux qui traitent le problème de répartition des coûts dans le cadre de la distribution collaborative des marchandises. Lozano et al. (2013) ont traité le problème d'allocation des coûts de transport en se basant sur la théorie des jeux coopératifs dans le but de trouver un système équitable entre les partenaires. Les auteurs ont utilisé quatre méthodes pour allouer les coûts d'expédition des marchandises, à savoir Shapley, τ -Value, Core-centre et Minmax core. Les auteurs ont comparé les méthodes selon l'écart moyen absolu entre les parts des coûts attribués aux différents partenaires. Ils ont conclu que le τ -Value et celle de valeur de Shapley donnent des solutions trop proches. Audy et al. (2011) ont traité le problème de répartition des coûts de transport entre les partenaires d'une collaboration en utilisant l'EPM et l'ACAM. Les résultats obtenus ont montré que la collaboration horizontale répond aux exigences des entreprises immobilières et elle est acceptable par tous les partenaires. Dans un deuxième temps, les auteurs ont modifié la méthode EPM afin de garantir que le coût alloué à un partenaire soit toujours inférieur à son coût individuel avant la mutualisation. Il s'agit d'introduire un pourcentage minimum d'économie qui est supérieur à zéro. Selon les auteurs, la détermination de ce pourcentage est complexe et repose sur une négociation entre les partenaires. Dai et Chen. (2012) ont utilisé l'approche PA pour répartir les coûts générés par la livraison et la collecte dans le cadre d'une collaboration centralisée entre des transporteurs. Également, Ramaekers et al. (2017) ont utilisé la même approche dans le cadre d'une collaboration dans les réseaux de distribution multimodaux. Les coûts alloués sont générés par le transport et le stockage dans les plateformes logistiques. En outre, Özener et Ergun. (2008) ont utilisé la valeur de Shapley et la méthode Nucleolus pour répartir les coûts de la mutualisation entre les expéditeurs. Vanovermeire et Sørensen. (2014) ont utilisé plusieurs méthodes pour allouer les coûts de transport entre les partenaires, à savoir la méthode Volume, la valeur de Shapley, l'ECM, le Nucleolus ainsi que la méthode ABC (*Activity Based Costing*). Cette dernière consiste à répartir les coûts de la mutualisation en fonction du type d'activité. Les auteurs ont supposé que l'activité soit un voyage exécuté et que le facteur de coût est le nombre de voyages et le nombre de palettes transportés dans ce voyage. L'objectif étant de récompenser les partenaires les plus flexibles au niveau des délais de livraison.

Dans le cadre du problème des tournées de véhicules collaboratifs, Krajewska et al. (2008) ont utilisé la valeur de Shapley pour partager les coûts entre les transporteurs de marchandises. Liu et al. (2010) ont discuté quelques concepts de répartition des bénéfices tels que la méthode classique PA ainsi que deux méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs, à savoir la valeur de Shapley et le Nucleolus. Dans un deuxième temps, les auteurs ont proposé une nouvelle approche dénommée WRSA (*Weighted Relative Savings Allocation*) qui est basée sur le concept de la théorie des jeux coopératifs. Cette dernière consiste à minimiser la différence maximale entre l'épargne relative pondérée des participants. Sanchez et al. (2016) ont utilisé la valeur de Shapley pour répartir les émissions de

CO₂ dues au transport de marchandises. Engevall et al. (1998) ont utilisé la valeur de Shapley, le Nucleolus et le τ -Value pour allouer les coûts dans le cadre d'un problème du voyageur de commerce collaboratif. Dans un deuxième temps, les auteurs ont introduit un nouveau concept appelé Demand Nucleolus. Cette approche consiste à attribuer aux clients à forte demande un coût plus élevé. Les auteurs ont constaté que les trois premières méthodes donnent presque les mêmes répartitions des coûts. Certains auteurs ont traité le problème de répartition des coûts en lien avec la mutualisation des entrepôts. Wong et al. (2007) ont eu recours à la valeur de Shapley pour traiter la répartition des coûts dans le cadre de la mutualisation des stocks de pièces détachées. Ces coûts sont générés par la détention de stock, le temps d'arrêt et le transport. En outre, Vos et Raa. (2018) ont utilisé la valeur de Shapley

et le Nucleolus pour allouer les coûts entre les détaillants. Les auteurs ont constaté qu'il est préférable d'utiliser le Nucleolus pour garantir la stabilité ainsi que les méthodes d'allocation proportionnelles qui sont faciles à appliquer mais elles ne sont pas stables. Defryn et al. (2019) ont utilisé la méthode « Volume » pour partager les coûts entre les partenaires dans le cadre du problème des tournées des véhicules. Les auteurs ont introduit la propriété de rationalité individuelle dans le modèle mathématique pour remédier aux limites de la méthode « Volume ».

Le tableau 1 présente un récapitulatif des méthodes d'allocation ainsi que leurs propriétés étudiées par certains articles. Les cases vides indiquent que la méthode ne vérifie pas la propriété ou bien l'absence des indications dans la littérature. Le tableau 2 résume les études, classées selon le problème traité et les indicateurs évalués.

Problèmes	Références	Aspect économique					Aspect environnemental
		Coût de transport	Coût de manutention	Coût d'installation	Coût d'inventaire	Arrêt des véhicules	Emissions de CO ₂ dues au transport
Planification du transport collaboratif	(Frisk et al., 2010)	•					
	(Dahlberg et al., 2017)	•					
	(Defryn et al., 2014)	•					
	(Massol et Tchong-Ming, 2010)	•					
	(Wick et al., 2011)						•
	(Algaba et al., 2019)	•					
Conception d'un réseau de distribution mutualisé	(Leenders et al., 2017)						•
	(Habibi et al., 2018)	•		•			
	(Ouhader et al., 2020)	•					•
	(Xu et al., 2012)	•					•
Distribution collaborative des marchandises	(Hacardiaux et al., 2020)	•		•			•
	(Lozano et al., 2013)	•					
	(Audy et al., 2011)	•					
	(Dai et Chen, 2012)	•			•		
	(Vanovermeire et Sörensen., 2014)	•					
	(Ramaekers et al., 2017)	•			•		
Problème des tournées de véhicules collaboratifs	(Özener et Ergun, 2008)	•					
	(Krajewska et al., 2008)	•					
	(Liu et al., 2010)	•					
	(Sanchez et al., 2016)						•
Voyageur de commerce collaboratif	(Defryn et al., 2019)	•					
	(Engevall et al., 1998)	•					
Mutualisation des entrepôts	(Wong et al., 2007)	•			•	•	
	(Vos et Raa, 2018)	•					

Tableau 2 : Récapitulatif des approches utilisées pour la répartition des coûts et des émissions de GES

Après l'analyse de la littérature, nous constatons que la majorité des études examinent l'allocation des coûts logistique, notamment celui du transport. D'autre part, certaines approches ne sont pas suffisamment étudiées pour vérifier d'une manière exhaustive leurs propriétés. En outre, le développement durable est devenu une nécessité à prendre en compte dans les trois niveaux de décision. Les études l'ont pris en considération uniquement lors de la conception des réseaux de distribution et planification du transport ; tandis que le problème de partage des coûts et des émissions de GES est étudié sans prendre en considération l'interdépendance entre les différents aspects. Ce qui permet à certains partenaires de profiter des autres. Pour remédier à ces limites, nous présentons une liste des perspectives dans la section suivante.

3 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Comme nous avons évoqué précédemment, plusieurs études ont traité le problème d'allocation. Cependant, chaque approche possède ses limites sur ses propriétés ou bien sur son applicabilité aux problèmes réels. Pour cela, il existe plusieurs perspectives. Nous citons dans cette section quelques perspectives pour des travaux futurs.

- Vérification des propriétés

Cette perspective vise à étudier les propriétés de chaque méthode et développer d'autres approches pour améliorer les propriétés des méthodes. En effet, les méthodes d'allocation sont largement traitées dans la littérature. L'étude

des propriétés (Pareto-efficacité, rationalité individuelle, stabilité, etc.) est l'un des outils utilisés pour choisir l'approche appropriée. Cependant, certaines méthodes ne sont pas suffisamment étudiées pour vérifier leurs propriétés. Pour cela, il s'avère intéressant de les étudier en détail, notamment les approches les plus connues. D'autre part, il est intéressant de proposer des solutions pour garantir l'efficacité des approches comme l'implication de la propriété de la rationalité individuelle dans le modèle proposé comme les deux études de (Defryn et al., 2019) et (Hacardiaux et al., 2020).

- Problèmes de grande taille

Les méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs sont des méthodes plus avancées que les méthodes classiques et elles sont appliquées dans tous les domaines qui nécessitent une répartition des gains. Cependant, ces méthodes sont trop limitées lorsqu'il s'agit des problèmes de grande taille à cause du nombre important des partenaires (Guajardo et Rönnqvist, 2016). Pour cela, il est important de proposer des méthodes approchées basées sur des approximations pour résoudre les problèmes d'allocation. Ceci peut être réalisé pour calculer la fonction caractéristique (coûts, émissions, etc.) dans les coalitions ou pour faire la répartition elle-même.

- Implication des différents aspects de durabilité

Comme le montre la Figure 3, les objectifs du développement durable sont définis principalement par les trois aspects, à savoir l'économique, l'environnemental et le social.

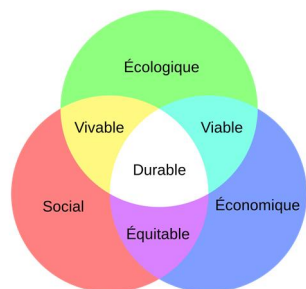


Figure 3 : Les trois axes de durabilité

La majorité des études, qui traitent le problème de la collaboration horizontale, s'intéressent seulement aux deux aspects économique et environnemental par l'évaluation des coûts logistiques et des émissions de GES. Il est important de traiter l'allocation d'autres types d'indicateurs, notamment les indicateurs sociaux. D'autre part, une estimation multi-objectif s'avère intéressante pour allouer les coûts. En d'autres termes, lors de l'allocation des coûts, par exemple, il est intéressant d'introduire l'impact de la participation de chaque partenaire sur tous les aspects et pas uniquement son impact sur l'aspect économique. Cette démarche permet d'encourager les partenaires à améliorer leur participation au développement durable.

- Récompense des partenaires selon leurs flexibilité et leur durabilité

Mrabti et al. (2020) et Vanovermeire et Sørensen. (2014) ont démontré que la performance de la mutualisation peut être améliorée lorsqu'au moins un des partenaires assouplisse ces conditions de livraison. En effet, l'assouplissement des temps de livraison permet de retarder une certaine quantité de marchandises pour la regrouper avec une autre. Ceci permet d'améliorer davantage le taux de remplissage des véhicules. Khammassi et al. (2019) ont suggéré d'utiliser un taux qui combine la participation de chaque partenaire au développement durable et son niveau de flexibilité lors du partage des coûts. L'utilisation de ce taux permet de récompenser les partenaires selon leur degré de flexibilité et leur participation à la durabilité. Il peut être une combinaison de plusieurs taux (niveau de flexibilité, taux de durabilité, etc.).

4 CONCLUSION

Le problème de répartition des coûts et des émissions de GES est un facteur important pour la réussite de la collaboration horizontale. La littérature propose deux grandes catégories d'approches d'allocations, à savoir les méthodes classiques et les méthodes basées sur la théorie des jeux. Le choix d'une méthode est réalisé en fonction de plusieurs critères et propriétés. Nous avons cité dans ce papier les principales propriétés ainsi que de multiples méthodes d'allocations qui ont été appliquées dans le cadre de la collaboration horizontale (transport collaboratif, distribution collaborative, conception des réseaux de distribution mutualisés, etc.). Nous avons répertorié une liste des perspectives dans le but d'améliorer l'efficacité des approches utilisées, d'encourager les partenaires à assouplir leurs conditions de livraisons et d'améliorer leurs participations au développement durable. Ces perspectives permettent de remédier aux limites des approches et d'introduire d'autres critères comme les notions de durabilité et de flexibilité.

REFERENCES

Algaba, E., V. Fragnelli, N. Llorca, and J. Sánchez-Soriano, (2019). Horizontal cooperation in a multimodal public transport system: The profit allocation problem. *European Journal of Operational Research*, 275(2), p. 659-665.

Amer, L. E., and A.B. Eltawil, (2015). Analysis of quantitative models of horizontal collaboration in supply chain network design: Towards "green collaborative" strategies. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 1-10.

Audy, J.-F., S. D'Amours, and L.-M. Rousseau, (2011). Cost allocation in the establishment of a collaborative transportation agreement—An application in the

- furniture industry. *Journal of the Operational Research Society*, 62(6), p. 960-970.
- Crujssen, F., M. Cools, and W. Dullaert, (2007). Horizontal cooperation in logistics: opportunities and impediments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(2), p. 129-142.
- Dahlberg, J., M. Göthe-Lundgren, and S. Engevall, (2017). A note on the nonuniqueness of the Equal Profit Method. *Applied Mathematics and Computation*, 308, p. 84-89.
- Dai, B., and H. Chen, (2012). Profit allocation mechanisms for carrier collaboration in pickup and delivery service. *Computers & Industrial Engineering*, 62(2), p. 633-643.
- Defryn, C., Sörensen, K., and Dullaert, W. (2019). Integrating partner objectives in horizontal logistics optimisation models. *Omega*, 82, p. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.11.008>.
- Defryn, C., C. Vanovermeire, K. Sörensen, A. Van Breedam, B. Vannieuwenhuysse, and S. Verstrepen, (2014). Gain sharing in horizontal logistic collaboration : A case study in the fresh fruit and vegetables sector. *From University of Antwerp, Faculty of Business and Economics. Research Papers in Economics – RePEc*. <https://econpapers.repec.org/paper/antwpaper/2014004.htm>
- Destouches, G. et F. Gaide, (2011). Pratiques de logistique collaborative: quelles opportunités pour les PME/ETI ? Report, Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME).
- Engevall, S., M. Göthe-Lundgren, P. Värbrand, (1998). The traveling salesman game: an application of cost allocation in a gas and oil company. *Annals of Operations Research*, 82, p. 203–218.
- Frisk, M., M. Göthe-Lundgren, K. Jörnsten, and M. Rönnqvist, (2010). Cost allocation in collaborative forest transportation. *European Journal of Operational Research*, 205(2), p. 448-458.
- Guajardo, M., and M. Rönnqvist, (2016). A review on cost allocation methods in collaborative Transportation. *International Transaction in Operational Research*, 23, p. 371–392.
- Habibi, M. K., H. Allaoui, and G. Goncalves, (2018). Collaborative Hub Location Problem under Cost Uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 124, p. 393-410.
- Hacardiaux, T., Defryn, C., Tancrez, J-S., & Verdonck, L. (2020). Balancing partner preferences for logistics costs and carbon footprint in a horizontal cooperation. *Maas-tricht University, Graduate School of Business and Economics. GSBE Research Memoranda*, No. 002. <https://doi.org/10.26481/umagsb.2020002>
- Kellner, F., and A. Otto, (2012). Allocating CO2 emissions to shipments in road freight transportation. *Journal of Management Control*, 22(4), p. 451-479. 6.
- Khammassi, D., N. Mrabti, N. Hamani, and L. Delahoche, (2019). Partage des coûts/bénéfices et émissions de GES après mutualisation logistique, *12ème Conférence Internationale de la Logistique et le Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2019, Paris, France, 12-14 Juin 2019*.
- Krajewska, M. A., Kopfer, H., Laporte, G., Ropke, S., and G. Zaccour, (2008). Horizontal cooperation among freight carriers : Request allocation and profit sharing. *Journal of the Operational Research Society*, 59(11), p. 1483-1491.
- Leenders, B.P.J, J.C. Velázquez-Martínez and J.C. Fransoo, (2017). Emissions allocation in transportation routes. *Transportation Research Part D*, 57, p. 39-51.
- Liu, P., Y. Wu, and N. Xu, (2010). Allocating Collaborative Profit in Less-than-Truckload Carrier Alliance. *Journal of Service Science and Management*, 03(01), p. 143-149.
- Lozano, S., P. Moreno, B. Adenso-Díaz, and E. Algaba, (2013). Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation. *European Journal of Operational Research*, 229(2), p. 444-452.
- Massol, O., and S. Tchong-Ming, (2010). Cooperation among liquefied natural gas suppliers : Is rationalization the sole objective? *Energy Economics*, 32(4), p. 933-947.
- Moulin, H., (1988). Axioms of cooperative decision making. *Econometric society monographs. Press Syndicate of the University of Cambridge*.
- Mrabti, N., N. Hamani, and L. Delahoche, (2020). The pooling of sustainable freight transport. *Journal of the Operational Research Society*, p. 1-16.
- Ouhader, H., et M. El Kyal, (2020). Assessing the economic and environmental benefits of horizontal cooperation in delivery: Performance and scenario analysis. *Uncertain Supply Chain Management*, 8, p.303–320.

- Özener, O. Ö., & Ö. Ergun, (2008). Allocating Costs in a Collaborative Transportation Procurement Network. *Transportation Science*, 42(2), p. 146-165.
- Pérez-Bernabeu, E., A. A. Juan, J. Faulin, and B. B. Barrios, (2015). Horizontal cooperation in road transportation : A case illustrating savings in distances and greenhouse gas emissions. *International Transactions in Operational Research*, 22(3), p. 585-606.
- Ramaekers, K., L. Verdonck, A. Caris, D. Meers, D., and C. Macharis, (2017). Allocating collaborative costs in multimodal barge networks for freight bundling. *Journal of Transport Geography*, 65, p. 56-69.
- Sanchez, M., L. Pradenas, J-C. Deschamps, and V. Parada, (2016). Reducing the carbon footprint in a vehicle routing problem by pooling resources from different companies. *Netnomics*, 17, p. 29-45.
- Schmeidler, D., (1969). The nucleolus of a characteristic function game. *SIAM Journal on Applied Mathematics* 17(6), p. 1163–1170.
- Tijs, S., and T. Driessen, (1986). Game theory and cost allocation problems. *Management Science*, 32(8), p. 1015–1028.
- Vanovermeire, C., and K. Sörensen, (2014). Integration of the cost allocation in the optimization of collaborative bundling. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 72, p. 125-143.
- Vos, B. D., and B. Raa, (2018). Stability Analysis of Cost Allocation Methods for Inventory Routing. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), p. 1682-1688.
- Wick, C., M. Klumpp, C. Kandel, (2011): Shaplay value simulation for allocating GHG emission savings due to logistics pooling within ECR cooperations. *The 2011 European Simulation and Modelling Conference, Conference Proceedings October 24-26, 2011, Guimaraes, Portugal, page 240-244.*
- Wong, H., D.V. Oudheusden, and D. Cattrysse, (2007). Cost allocation in spare parts inventory pooling. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(4), p. 370-386.
- Xu, X., S. Pan, and E. Ballot, (2012). Allocation of Transportation Cost & CO2 Emission in Pooled Supply Chains Using Cooperative Game Theory. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), p. 547-553.
- Young, H. P., (1985). Cost allocation. In *Fair allocation. Proceedings of symposia in applied mathematics*, 33, p. 69-94. *Providence: Am. Math. Soc.*
- Zineldin, M., and T. Bredenlów, (2003). Strategic alliance : Synergies and challenges: A case of strategic outsourcing relationship “SOUR”. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(5), p. 449-464.